

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-184975

(43) 公開日 平成9年(1997)7月15日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

G 0 2 B 13/00

G 1 1 B 7/135

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 13/00

G 1 1 B 7/135

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願平7-342203

(22) 出願日

平成7年(1995)12月28日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71) 出願人 000113263

ホーヤ株式会社

東京都新宿区中落合2丁目7番5号

(72) 発明者 島野 健

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 井上 雅之

神奈川県川崎市幸区鹿島田890番地 株式

会社日立製作所情報・通信開発本部内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 対物レンズおよび光ヘッド

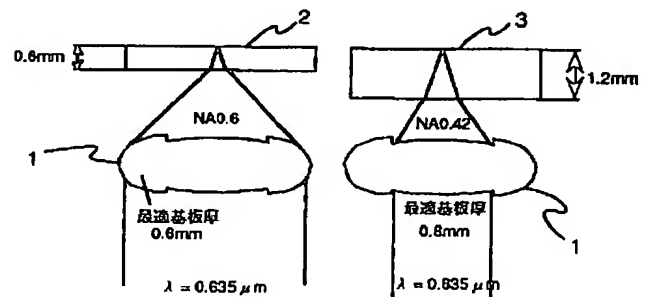
(57) 【要約】

【課題】 光量の損失なく、安価に、精度よく基板厚さ1.2mmのCDと基板厚さ0.6mmのSDの信号を再生する対物レンズ、及びそれを用いた光ヘッドを提供する。

【解決手段】 対物レンズ1は厚さ0.6mmの基板を用いたSD2を再生するときにはNA0.6で再生し、厚さ1.2mmの基板を用いたCD3を再生するときにはNA0.42で再生する。NA0.42の境界では位相差をつけるためにわずかながら段差がついている。ここでの設計波長は0.635 $\mu$ m、中心部最適設計基板厚さ約0.8mmである。このときSD再生時に波面収差は0.025 $\lambda$ 程度であり、CDの再生信号ジッタも現状と同等である。

【効果】 光量の損失なく、安価に、精度よく基板厚さ1.2mmのCDと基板厚さ0.6mmのSDの信号を再生することができる。

図1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】光源と、光情報記録媒体に該光源からの光を集光するための対物レンズと、光記録媒体からの反射光を光源に戻る光路から分岐させる光分岐素子と、光検出器と、光記録媒体上の情報ビット列に集光スポットを位置決めする手段とから少なくとも構成され、該光情報\*

$$\left\{1 - \left(\frac{2\pi W_{rms}}{\lambda_2}\right)^2\right\} \left(\frac{NA_2}{\lambda_2}\right)^2 \sin^2\left(\frac{2n_2\pi d}{\lambda_2}\right) \geq \left(\frac{NA_1}{\lambda_1}\right)^2 \sin^2\left(\frac{2n_1\pi d}{\lambda_1}\right)$$

(ただし  $n_1$ 、 $n_2$  はそれぞれ波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  に対する情報記録媒体基板の屈折率、 $d$  は情報ビット深さ) をほぼ満たすことを特徴とする光ヘッド。

【請求項2】透明な平行平板基板を通して光学的に情報を記録再生する光情報記録媒体に、情報を記録または再生するために、レーザー光を情報記録膜面に集光する対物レンズであって、中心部分と周辺部分で該レーザー光をそれぞれ独立に収差なく集光するための該基板の最適な厚さが異なることを特徴とする対物レンズ。

【請求項3】基板厚さ、情報ビット穴深さ、情報記録密度の異なる2種類の光情報記録媒体から、共に情報を記録または再生するために、波長  $\lambda_2$  のレーザー光を情報記録膜面に集光する請求項2項記載の対物レンズであって、周辺部分は記録密度の大きい第1の光情報記録媒体の基板厚さを通して集光するときに無収差となり、中心※

$$\left\{1 - \left(\frac{2\pi W_{rms}}{\lambda_2}\right)^2\right\} \left(\frac{NA_2}{\lambda_2}\right)^2 \sin^2\left(\frac{2n_2\pi d}{\lambda_2}\right) \geq \left(\frac{NA_1}{\lambda_1}\right)^2 \sin^2\left(\frac{2n_1\pi d}{\lambda_1}\right)$$

(ただし  $n_1$ 、 $n_2$  はそれぞれ波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  に対する情報記録媒体基板の屈折率) をほぼ満たすことを特徴とする対物レンズ。

【請求項4】請求項第3項において、第2の光情報記録媒体の基板厚さが約1.2mmであって、

## 【数3】

$$\left\{1 - \left(\frac{2\pi W_{rms}}{\lambda_2}\right)^2\right\} \left(\frac{NA_2}{\lambda_2}\right)^2 \sin^2\left(\frac{0.26\pi}{\lambda_2}\right) \geq 0.24 \text{ (1/}\mu\text{m}^2\text{)}$$

をほぼ満たすことを特徴とする対物レンズ。

【請求項5】請求項2から4のうちいずれかに記載の対物レンズであって、レンズ全体としてアッペの正弦条件をほぼ満たすことを特徴とする対物レンズ。

【請求項6】請求項2から5のうちいずれかに記載の対物レンズであって、周辺部分と中心部分との境界部分の形状を滑らかに接続したことを特徴とする対物レンズ。

【請求項7】請求項2から5のうちいずれかに記載の対物レンズであって、中心部分の最適基板厚さをレンズ中心から同心円状に連続的に可変としたことを特徴とする対物レンズ。

【請求項8】請求項2から5のうちいずれかに記載の対物レンズであって、周辺部分または中心部分に薄膜を装荷することによってなることを特徴とする対物レンズ。

\* 記録媒体から、光学的に収差なく良好に情報を記録または再生する光源波長  $\lambda_1$ 、対物レンズ開口数  $NA_1$  の光ヘッドに比較して、2乗平均平方根波面収差  $W_{rms}$ 、光源波長  $\lambda_2$ 、対物レンズ開口数  $NA_2$  を、

## 【数1】

※部分は2種類の基板厚さの間の基板厚さを通して集光するときに無収差となり、第1の光情報記録媒体の基板に対する、中心部分を透過する光と合わせた入射光の集光スポット2乗平均平方根波面収差が、約0.04 $\lambda$  ( $\lambda$  は使用するレーザー光の波長) 以下であり、かつ、中心部分のみを透過する光によって記録密度の低い第2の光情報記録媒体を記録または再生するに当たって、中心部分のみの開口数  $NA_2$  と、該中心部分の光が無収差で集光される基板厚さと第2の光情報記録媒体の基板の厚さの誤差によって生じる波面収差  $W_{rms}$  が、第2の光情報記録媒体から光学的に収差なく良好に情報を記録または再生する光源波長  $\lambda_1$ 、開口数  $NA_1$  の通常の対物レンズを有する光ヘッドに比較して、

## 【数2】

【請求項9】請求項2から5のうちいずれかに記載の対物レンズであって、該対物レンズが、全面にわたって一様な基板厚に最適化されたレンズと、物体側に配置された中心部分に穴のあいた平行平板によって構成されることを特徴とする対物レンズ。

【請求項10】請求項1に記載の光ヘッドにおいて、基板厚さ、情報ビット穴深さ、情報記録密度の異なる2種類の光情報記録媒体から、請求項2から9に記載の対物レンズを用いて、共に情報を記録または再生することを特徴とする光ヘッド。

【請求項11】光源と、光記録媒体に該光源からの光を集光するための対物レンズと、光記録媒体からの反射光を光源に戻る光路から分岐させる光分岐素子と、光検出器と、光記録媒体上の情報ビット列に集光スポットを位置決めする手段とから少なくとも構成される光ヘッドであって、基板厚さ、情報ビット穴深さ、情報記録密度の異なる2種類の光情報記録媒体から対物レンズを交換することなく信号を再生でき、情報記録密度の高い第1の光情報記録媒体を再生するに当たって、レンズ部分の全入射光量に対する再生用スポットの全光量の割合が90%以上であることを特徴とする光ヘッド。

【請求項12】請求項10または11に記載の光ヘッドにおいて、請求項2に記載の対物レンズを用いて、情報

記録密度の低い第2の光情報記録媒体に記録された情報を再生するにあたって、該対物レンズの周辺部分に入射する光の光量を低減、または遮光し、情報記録密度の高い第1の光情報記録媒体を再生するにあたっては、低減、または遮光を行わないように切り替える手段を有することを特徴とする光ヘッド。

【請求項13】請求項12に記載の光ヘッドにおいて、情報記録密度の低い第2の光情報記録媒体を記録または再生するにあたって、情報記録膜面の情報記録ピット列に集光スポットを追従させるために、対物レンズを動かすのに伴い、該対物レンズ周辺部分に入射する光の光量を低減、または遮光させる手段を、該対物レンズと同時に動かすことを特徴とする光ヘッド。

【請求項14】請求項12に記載の光ヘッドにおいて、該対物レンズ周辺部分に入射する光の光量を低減、または遮光させる手段を、対物レンズと一体化したことを特徴とする光ヘッド。

【請求項15】請求項10または11に記載の光ヘッドにおいて、請求項2から9に記載の対物レンズを用いて、情報記録密度の低い第2の光情報記録媒体に記録された情報を再生するにあたって、該対物レンズの周辺部分に入射する光が検出器上で十分低減するように検出器の大きさ、光学系を設定することを特徴とする光ヘッド。

【請求項16】請求項10から15のうちいずれかに記載の光ヘッドにおいて、情報記録密度の高い第1の光情報記録媒体の基板厚さが0.6mm、第2の光情報記録媒体の基板厚さが1.2mmであることを特徴とする光ヘッド。

【請求項17】光源と、光記録媒体に該光源からの光を集光するための対物レンズと、光記録媒体からの反射光を光源に戻る光路から分岐させる光分岐素子と、光検出器と、光記録媒体上の情報ピット列に集光スポットを位置決めする手段から少なくとも構成される光ヘッドであって、透明な平行平板基板を通して情報ピットを光学的に記録再生するために、レーザー光を情報記録膜面に集光する対物レンズの光源側の近軸焦点が、対物レンズ光源側表面から2mm以上離れており、対物レンズ周辺部分に入射する光の光量を低減、または遮光する手段を有し、光記録媒体上の情報ピット列に光スポットを追従させるためのアクチュエータとしてガルバノミラーを用い、ガルバノミラーの回転軸が該対物レンズのレーザー光源側の近軸焦点付近に配置されたことを特徴とする光ヘッド。

【請求項18】請求項2から9のうちいずれかに記載の対物レンズであって、光源側の近軸焦点が対物レンズ光源側表面から2mm以上離れていることを特徴とする対物レンズ。

【請求項19】光源と、光記録媒体に該光源からの光を集光するための請求項18に記載の対物レンズと、光記

録媒体からの反射光を光源に戻る光路から分岐させる光分岐素子と、光検出器と、光記録媒体上の情報ピット列に集光スポットを位置決めする手段から少なくとも構成される光ヘッドであって、厚さ1.2mmの基板に記録された情報を再生するにあたって、該対物レンズ周辺部分に入射する光の光量を低減、または遮光する手段を有し、光記録媒体上の情報列に光スポットを追従させるためのアクチュエータとしてガルバノミラーを用い、ガルバノミラーの回転軸が該対物レンズのレーザー光源側の近軸焦点付近に配置されたことを特徴とする光ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光記録媒体から光学的に情報を再生する光ディスク装置に係り、特に基板厚さが異なる光ディスクから信号を再生する光ヘッドおよびそれに用いる対物レンズに関する。

【0002】

【従来の技術】光ディスクは大容量可換情報記録媒体として近年めざましく進歩を続けている。そのため記録再生方式や記録密度、ディスクサイズが多岐にわたっており、それらの互換性の確保が困難となりつつある。特にこれまで最も普及しているのがCD-ROM(Compact Disc - Read Only Memory)であり、新たな光ディスクの開発にあたってはCD-ROMとの互換性の要求が大きい。このCD-ROMに続く次世代高密度ROMとして、最近SD-ROM(Super Density - Read Only Memory)が提案されている。ここでは記録密度を向上させるために対物レンズの開口数(Numerical Aperture:NA)を従来CDの0.45から0.6に向上させている。光ディスク上の集光スポットの大きさは使用するレーザー光源の波長を $\lambda$ としたとき、 $\lambda/NA$ に比例するため、NAを大きくすればそれにしたがって光スポットを小さくすることができる。光スポットが小さければ高密度の情報ピットを品質良く再生することができるので、光ディスクの記録密度を向上させることができるのである。ところがNAを大きくするとそれにともなう、ディスクが傾いたときに生じるコマ収差が急激に増大し、光ディスク上の集光スポットをかえって劣化させてしまうためむやみにNAを大きくすることができない。そこでSD-ROMにおいてはディスクの基板の厚さをCD-ROMの1.2mmから0.6mmに薄くすることが提案されている。ディスクが傾いたときのコマ収差はディスク基板の厚さに比例するため、NAを大きくしたことによるコマ収差の増大を基板を薄くすることで相殺することをねらったのである。

【0003】ところが基板の厚さをCD-ROMと変えてしまうとSD-ROMとCD-ROMの互換性を保つことが難しくなる。というのは光ディスクの基板ごしに光を集光するとそのままでは球面収差が生じてしまうため、光ディスク用の対物レンズでは特定の基板厚さに対応してそれを補償する球面収差を持つようあらかじめ設計されているからである。つまり0.6mmの基板厚さに対して最適化された

対物レンズで1.2mmの基板厚さのCDを再生しようとする  
と、0.6mmの基板厚さずれによる球面収差が生じてしま  
い、光スポットがぼけて、信号を再生することができな  
くなるのである。この問題を解決する従来の手段は例え  
ばオプティカル・レビュー第1巻第1号1994年27  
ー29頁 (Optical Review, Vol.1, No.1 (1994) pp. 27-  
29.)、及び三菱電機ニュース・リリース、開発No. 9507  
(平成7年6月21日)に記載されている。

【0004】前者は0.6mm用対物レンズ表面にホログラ  
ムを形成し、その回折光によってCDを再生し、透過光に  
よてSDを再生するというものである。ここではCDを再生  
するときに生じる球面収差を補償するようにホログラム  
のパターンをあらかじめ設計しておくのである。

【0005】後者は0.6mm用の対物レンズと、1.2mm用の  
対物レンズを両方光ヘッドに搭載し、可動アクチュエー  
タによって2つのレンズを切り替えて使用するというも  
のである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術では、そ  
れぞれ課題が残っている。

【0007】前者においてはホログラムを使用するた  
め、CDを再生するときにもSD用の光スポットが生じ、SD  
を再生するときにもCD用の光スポットが生じる。またデ  
ィスクで反射した光も再び回折されてしまう。これらに\*

$$\left\{1 - \left(\frac{2\pi W_{rms}}{\lambda_2}\right)^2\right\} \left(\frac{NA_2}{\lambda_2}\right)^2 \sin^2\left(\frac{2n_2\pi d}{\lambda_2}\right) \geq \left(\frac{NA_1}{\lambda_1}\right)^2 \sin^2\left(\frac{2n_1\pi d}{\lambda_1}\right)$$

【0012】… (数1)

(ただし $n_1$ 、 $n_2$ はそれぞれ波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ に対する  
情報記録媒体基板の屈折率、 $d$ は情報ピット深さ)をほ  
ぼ満たすようにする。

【0013】また透明な平行平板基板を通して光学的に  
情報を記録再生する光情報記録媒体に、情報を記録また  
は再生するために、レーザー光を情報記録膜面に集光す  
る対物レンズで、中心部分と周辺部分で該レーザー光を  
それぞれ独立に収差なく集光するための該基板の最適  
厚さが異ならせる。

【0014】また基板厚さ、情報ピット穴深さ、情報記  
録密度の異なる2種類の光情報記録媒体から、共に情報  
を記録または再生するために、波長 $\lambda_2$ のレーザー光を  
情報記録膜面に集光する上記の対物レンズで、周辺部分  
は記録密度の大きい第1の光情報記録媒体の基板厚さを  
通して集光するときは無収差となり、中心部分は2種類  
の基板厚さの間の基板厚さを通して集光するときは無収  
差となり、第1の光情報記録媒体の基板に対する、中心  
部分を透過する光と合わせた入射光の集光スポット2乗  
平均平方根波面収差を約 $0.04\lambda$  ( $\lambda$ は使用するレー  
ザ光の波長)以下とする。かつ、中心部分のみを透過す  
る光によって記録密度の低い第2の光情報記録媒体を記  
録または再生するに当たって、中心部分のみの開口数 $N$ ※50

\*より光量の損失が避けられない。特にこれは今後書き換  
え可能型のSDが開発されるときに、大きな問題となり  
うる。

【0008】後者においては2つのレンズを切り替える  
ため、レンズを2個使用することによるコストの増大、  
レンズの位置の再現性や、アクチュエータが大きく、重  
くなることによる応答特性の劣化などの問題がある。

【0009】これに鑑み、本発明の目的は光量の損失な  
く、安価に、精度よく基板厚さ1.2mmのCDと基板厚さ  
0.6mmのSDの信号を再生することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するた  
めに、光源と、光情報記録媒体に光源からの光を集光す  
るための対物レンズと、光記録媒体からの反射光を光源に  
戻る光路から分岐させる光分岐素子と、光検出器と、光  
記録媒体上の情報ビット列に集光スポットを位置決めす  
る手段とから少なくとも構成される光ヘッドにおいて、  
光情報記録媒体から、光学的に収差なく良好に情報を記  
録または再生する光源波長 $\lambda_1$ 、対物レンズ開口数 $NA_1$   
1の光ヘッドに比較して、2乗平均平方根波面収差 $W_{rms}$   
、光源波長 $\lambda_2$ 、対物レンズ開口数 $NA_2$ を

【0011】

【数4】

※A2と、該中心部分の光が無収差で集光される基板厚さ  
と第2の光情報記録媒体の基板の厚さの誤差によって生  
じる波面収差 $W_{rms}$ が、第2の光情報記録媒体から光  
学的に収差なく良好に情報を記録または再生する光源波  
長 $\lambda_1$ 、開口数 $NA_1$ の通常の対物レンズを有する光ヘ  
ッドに比較して、上記(数1) (ただし $n_1$ 、 $n_2$ はそ  
れぞれ波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ に対する情報記録媒体基板の屈折  
率)をほぼ満たすようにする。

【0015】また実際にはCDに相当する第2の光情報  
記録媒体の基板厚さが約1.2mmであるから、

【0016】

【数5】

$$\left\{1 - \left(\frac{2\pi W_{rms}}{\lambda_2}\right)^2\right\} \left(\frac{NA_2}{\lambda_2}\right)^2 \sin^2\left(\frac{0.26\pi}{\lambda_2}\right) \geq 0.24 (1/\mu m^2)$$

【0017】… (数2)

をほぼ満たすようにすればよい。

【0018】またこれらの対物レンズでにおいて、レン  
ズ全体としてアッペの正弦条件をほぼ満たしめる。

【0019】またこれらの対物レンズでにおいて、周辺  
部分と中心部分との境界部分の形状を滑らかに接続させ  
る。

【0020】またこれらの対物レンズでにおいて、中心

部分の最適基板厚さをレンズ中心から同心円状に連続的に可変とさせる。

【0021】またこれらの対物レンズでにおいて、周辺部分または中心部分に薄膜を装荷することによって中心部分と周辺部分の最適基板厚さを異ならしめる。

【0022】またこれらの対物レンズを、全面にわたって一様な基板厚に最適化されたレンズと、物体側に配置された中心部分に穴のあいた平行平板によって構成させる。

【0023】またこれらの対物レンズを用いて、基板厚さ1.2mmの光記録媒体と基板厚さが1.2mmとは異なる光記録媒体とから信号を再生できる光ヘッドを構成する。

【0024】また基板厚さ1.2mmの光ディスクと基板厚さが1.2mmとは異なる光ディスクから対物レンズを交換することなく信号を再生でき、基板厚さが1.2mmとは異なる光ディスクを再生するに当たって、レンズ部分の入射光量に対する再生用スポットの全光量の割合が90%以上とさせる。

【0025】またこれらの対物レンズを用いて、厚さ1.2mmの基板に記録された情報を再生するにあたって、周辺部分に入射する光の光量を低減または遮光させる。

【0026】さらにその光量低減または遮光手段を対物レンズが情報ピットを追跡するのに連動させて動かす。

【0027】さらにあるいは対物レンズと光量低減または遮光手段を一体化する。

【0028】また厚さ1.2mmの基板に記録された情報を再生するにあたって周辺部の光を低減する他の手段として、光検出器の大きさや光学系の最適化を行う。

【0029】またこれらの対物レンズを用いて、基板厚さ1.2mmと0.6mmの光記録媒体から信号を再生できる光ヘッドを構成する。

【0030】また透明な平行平板基板を通して情報ピットを光学的に記録再生するために、レーザー光を情報記録膜面に集光する対物レンズの光源側の近軸焦点が、対物レンズ光源側表面から2mm以上離れており、対物レンズ周辺部分に入射する光の光量を低減、または遮光する手段を有し、光記録媒体上の情報列に光スポットを追跡させるためのアクチュエータとしてガルバノミラーを用い、ガルバノミラーの回転軸を該対物レンズのレーザー光源側の近軸焦点付近に配置させる。

【0031】また上記の対物レンズにおいて、光源側の近軸焦点を対物レンズ光源側表面から2mm以上離れさせる。

【0032】またこの対物レンズを用い、厚さ1.2mmの基板に記録された情報を再生するにあたって、該対物レンズ周辺部分に入射する光の光量を低減、または遮光する手段を有し、光記録媒体上の情報列に光スポットを追跡させるためのアクチュエータとしてガルバノミラーを用い、ガルバノミラーの回転軸を該対物レンズのレーザー光源側の近軸焦点付近に配置させる。

【0033】異なる基板厚さの2種類の光ディスクを1つの対物レンズで両方とも再生しようとする、どうしても少なくとも一方には収差が発生することは避けられない。では収差がある場合に集光された光スポットはどの程度劣化し、光ディスクの信号品質は無収差に対してどの程度低下するであろうか。集光された光スポットの評価指標として従来、2乗平均平方根波面収差と、それと次のように1対1に関係づけられるストレール強度がある。

【0034】

【数6】

$$I_{st} = 1 - \left( \frac{2\pi}{\lambda} \right)^2 W_{rms}^2$$

【0035】…(数3)

これらは共に、ある単一の開口数、単一の波長において収差の大きさを比較する指標であるため、収差を含む異なる波長、異なる開口数の光スポットがどの程度のスポット径に絞り込まれているかという指標にはならない。そこでこの比較ができるようにストレール強度の概念を拡張して定義することにする。まず無収差の場合、光スポットの大きさは $\lambda/NA$ に比例することがよく知られている。したがって対物レンズの入射瞳に入射する光量を一定とすると、スポットの中心強度は集光スポットの面積に反比例すると考えられるから、それは $NA/\lambda$ の2乗に比例するはずである。また収差による影響を考えた場合、無収差の中心強度に対する収差がある場合の中心強度がストレール強度である。したがって収差があり、なおかつ波長や開口数の異なる光スポットの集光具合の指標としてはストレール強度に $NA/\lambda$ の2乗を乗じた値が妥当であると考えられる。これを拡張ストレール強度と呼び、次のように定義することにする。

【0036】

【数7】

$$I_{ex} = I_{st} \frac{NA^2}{\lambda^2}$$

【0037】…(数4)

また波長が変わり、CDの情報ピットの深さdが見かけ上変わると、再生信号振幅も変わる。基板の屈折率をn、情報ピット深さをdとすれば再生信号振幅はほぼ $\sin^2(2\pi nd/\lambda)$ に比例して変わることが知られている。したがって拡張ストレール強度にこれに乗じた値をパフォーマンスファクタと呼び、

【0038】

【数8】

$$PF = I_{st} \frac{NA^2}{\lambda^2} \sin^2 \left( \frac{2\pi nd}{\lambda} \right)$$

【0039】…(数5)

と表す。これにより収差があり、開口数や、波長の異な

る光ヘッドどうしの再生信号見積もりが可能となる。すなわち、たとえば収差があっても異なる波長と開口数で無収差と同じ信号品質となる条件が見つけられる可能性があるわけである。

【0040】対物レンズを中心部分と周辺部分で分割し、該レーザー光を最適に集光するための該基板の最適な厚さがそれぞれ異なると、周辺部分の光は周辺部分に最適化された所定の基板厚さを通して集光したとき無収差となる。しかしこの基板厚さに対して異なる基板厚さに最適化された中心部分では球面収差が生じるため、中心部分と周辺部分を含めたレンズ瞳全体での収差はゼロでなくなる。

【0041】一般にザイデルの球面収差

【0042】

【数9】

$$W = W_{40}\rho^4$$

【0043】…(数6)

に対して、2乗平均平方根波面収差を最小とするにはザイデルの球面収差の式の形

【0044】

【数10】

$$W = W_{40}\rho^4 - W_{40}\rho^2 + \frac{1}{6}W_{40}$$

【0045】…(数7)

となるように焦点ずれと位相ずれを与えればよい。ここで $W_{40}$ は球面収差のザイデルの収差係数、 $\rho$ は瞳半径を1としたときの半径座標である。このとき2乗平均平方根波面収差は

【0046】

【数11】

$$W_{rms} = \frac{W_{40}}{6\sqrt{5}}$$

【0047】…(数8)

で与えられる。

【0048】中心部分のみに加わる球面収差を瞳全体として見た場合の2乗平均平方根波面収差を最小とするには、中心部分のみで(数7)のような波面収差となるように焦点ずれと位相ずれを与えたとき、周辺部分で収差が0となるようにすればよい。ここで中心部分と周辺部分の分割半径を $R$ とすれば、 $W_{40}$ を新たに半径 $R$ での球面収差のザイデルの収差係数とすれば、この収差関数は

【0049】

【数12】

$$W = \begin{cases} W_{40}\left(\frac{\rho}{R}\right)^4 - W_{40}\left(\frac{\rho}{R}\right)^2 + \frac{1}{6}W_{40} & (\rho \leq R) \\ 0 & (R \leq \rho) \end{cases}$$

【0050】…(数9)

となる。このとき同様にして瞳全体としての2乗平均平方根波面収差は

【0051】

【数13】

$$W_{rms} = \frac{W_{40}R}{6\sqrt{5}}$$

【0052】となる。

【0053】…(数10)

本発明においてはこの2乗平均平方根波面収差を約0.04λ以下とする。

【0054】この値の根拠を以下に説明する。収差の大きさの目安としては2乗平均平方根波面収差が0.07λ以下であるというマレシャルの基準が一般的に広く用いられている。しかし光ヘッドにおいては対物レンズ以外のいろいろな要因を含めてこの値に抑える必要がある。それらは例えば焦点ずれ、ヘッド調整ずれによる球面収差、非点収差、コマ収差、半導体レーザーの非点収差、ディスク傾きによるコマ収差、ディスク基板厚さずれによる球面収差、対物レンズ成形誤差による球面収差、コマ収差、非点収差であり、本発明による収差と合わせて全部で11項目ある。これらの寄与をすべて均等であると仮定すれば、いろいろな要因の誤差による全体の分散はそれぞれの分散の和と考えられるから、本発明による誤差に許される2乗平均平方根波面収差としては

【0055】

【数14】

$$W_{rms} < \sqrt{\frac{0.07^2}{11}} = 0.021(\lambda)$$

【0056】…(数11)

より約0.021λが目安となる。したがって対物レンズそれ自体の収差は本発明による収差に成形誤差による球面収差、コマ収差、非点収差を含めると分散が4倍、すなわち2乗平均平方根波面収差としては2倍の0.042λ以下である必要があるのである。

【0057】厚さ1.2mmの基板を通して情報を再生する場合には、中心部分のみを通る光を用いる。このとき中心部分のみを通る光が無収差となる基板厚さは必ずしも1.2mmが最適とは限らない。というのは上記のように中心部分と周辺部分を合わせた瞳全体の光によって、周辺部分で無収差となる基板厚さを通して信号を再生するときの2乗平均平方根波面収差がレンズ成形誤差を含めて約0.04λ以下である必要があるからである。しかしながらあまり1.2mmからずれると中心部分のみを用いて1.2mmの基板を通して再生する場合に発生する球面収差が増大してしまう。

【0058】この中心部分の光の球面収差の許容値は、従来のCDと同程度の再生信号を得るという条件から決めることができる。まず従来のCDにおいては使用波長が

0.78μm、開口数が0.45であるので、この条件

におけるパフォーマンスファクタが得られる範囲内であれば球面収差は許容できると考えることができる。無収差でのCDのパフォーマンスファクタは上に述べた波長と開口数、及びピット深さ $nd$ がほぼ $\lambda/6$ であるから $PF=(0.45/0.78)^2 \sin^2(\pi/3)=0.250(\mu m^{-2})$ であり、収差がある場合にも、より短い波長、または大きい開口数において同じ値以上のパフォーマンスファクタがあればよいと考えられる。またCDにおいても通常、焦点ずれ、ヘッドの調整ずれによる球面収差、コマ収差、非点収差、レーザの非点収差、ディスク傾きによるコマ収差、ディスク基板厚さずれによる球面収差など対物レンズ以外に起因する7項目と、対物レンズ成形ずれによる球面収差、非点収差、コマ収差の3項目を合わせて10項目でストレーラ強度が最低0.8になると考えれば、対物レンズのみに起因する収差の影響を考えたストレーラ強度は $1-(1-0.8)/10 \times 3=0.94$ であるから、この場合のパフォーマンスファクタは $0.250 \times 0.94=0.235(\mu m^{-2})$ となる。したがってパフォーマンスファクタが約0.235以上あればCDと同等の再生信号性能が得られると期待できる。

【0059】このように中心部分に球面収差が残っている場合にも、CDより短い波長または大きいNAで再生すればCDと同等の再生信号が得られることを示した。したがって中心部分のNAは収差の大きさにもよるが、少なくとも無収差でスポット径 $\lambda/NA$ がCDの値 $0.78/0.45=1.733\mu m$ 以下となる必要があるため、中心部分のみの開口数は $0.57\lambda$  ( $\lambda$ は $\mu m$ 単位で表す)以上である必要がある。

【0060】以上に述べたのはすべて軸上の性能であるため、軸外の光線についての性能をある程度保証するためにはレンズ全体としてアップの正弦条件をほぼ満たすようにこの対物レンズを設計する必要がある。

【0061】また通常、対物レンズはモールド成形で加工されるので、型の成形の都合上、レンズに段差があると非常に加工しにくくなる。したがって本発明の対物レンズにおいても上記に述べた性能の劣化しない範囲内において周辺部分と中心部分との境界部分の形状を滑らかに接続させる必要がある。

【0062】また、これまで述べたのはレンズの領域分割を2領域とするものであったが、分割数が増えるとそれだけ設計の自由度が増すので、より最適な設計が可能となる。したがって究極的には中心部分の最適基板厚さをレンズ中心から同心円状に連続的に可変とさせる。

【0063】また周辺部分と中心部分との境界部分の段差を形成するために段差のないレンズを成形後に薄膜を装荷することによって段差を生成することにより所望の位相ずれをあたえることができる。

【0064】さらにまた他の方法として上記中心部分の最適基板厚について全面にわたって最適化した対物レンズを用いて、そのディスク側に中心部に穴のあいた中心

部分と周辺部分の最適基板厚の差の厚さの平行平板を用いることもできる。

【0065】またこれらの対物レンズを用いた光ヘッドにおいて、厚さ1.2mmの基板に記録された情報を再生するにあたって、周辺部分の光の収差が著しく大きくなるのは避けられない。したがってこの領域の影響を取り除く必要が生じる場合がある。このときには周辺部に入射する光の光量を低減させるかまたは遮光する手段を用いる必要がある。

10 【0066】またこれを光検出器の大きさの設計や、光学系の設計により行うこともできる。ただし実際には光ディスクによる回折光の影響があるため、検出光学系の制限開口だけでは厳密には周辺光を完全に取り除くことはできない。しかしある程度低減させることはできる。

【0067】また従来、光ディスクの回転中心がディスクの案内溝カッティング時の回転中心からずれることにより、トラッキングのために対物レンズをこの偏心に応じて動かすと、反射戻り光の強度分布がずれて、プッシュプルトラッキング信号にオフセットが生じることが指摘されている。この問題は特に上記の周辺部分の光を遮光する手段が対物レンズと一体となって動かない場合により深刻となる。これは特にコンピュータ外部記憶装置用として普及している光磁気ディスク装置などに従来用いられているダブルサーボ方式を用いれば、この偏心はほとんどコースアクチュエータが追従するため対物レンズはほとんど動かずあまり問題とならない。しかし音楽用CDなどでは低価格のためダブルサーボは現在あまり使われていず、問題となる場合がある。

30 【0068】これに対しては遮光手段を対物レンズに連動させて動かせばよい。または遮光手段を対物レンズと一体化して動かしてもよい。

【0069】他の方法としてレンズを動かすのではなく、ガルバノミラーと呼ばれる可動鏡を用いて対物レンズに入射する光の傾きを変えて光スポットを動かす形のアクチュエータではこの問題を解決することができる。このためにはガルバノミラーの回転中心を対物レンズの光源側焦点におけばよい。このようにすると光軸上の光はディスクが傾いていない限り、必ずディスクに垂直に入射するため、再びガルバノミラーを反射して戻り光の強度分布にずれが生じないのである。このためガルバノミラーを光源側近軸焦点に配置するためには光源側近軸焦点が対物レンズ光源側表面から光源側に2mm以上離れていることが必要となる。これは上記に述べてきた本発明の対物レンズに対してだけでなく、レンズ全面が1.2mm以外の基板厚さに最適化され、開口数がCDよりも大きい対物レンズにおいて中心部分だけでCDの再生を行うような場合にも有効である。もちろん本発明の対物レンズを用いた場合にも有効である。

【0070】

50 【発明の実施の形態】以下、図を用いて本発明の実施例



を説明する。

【0071】図1は本発明の基本概念を示す図である。対物レンズ1は厚さ0.6mmの基板を用いたSD2を再生するときにはNA0.6で再生し、厚さ1.2mmの基板を用いたCD3を再生するときにはNA0.42で再生する。NA0.42の境界では位相差をつけるためにわずかながら段差がついている。ここでの設計波長は0.635 $\mu$ mである。

【0072】このような設計を行った根拠を以下に示す。

【0073】図2はNA0.6の半径を1としたときの中心部分と周辺部分の分割半径に対するCD再生時のスポット性能を評価するために、中心部分でのパフォーマンスファクタ（以下PFと呼ぶ）を中心部分における最適設計基板厚さを変えて表示したグラフである。ここでは分割半径の外側の周辺部分の光は開口制限により遮断している。最適設計基板厚さが1.2mmからずれるほど球面収差は大きくなり、PFは小さくなる。また分割半径が大きく中心部のNAが大きいくほど球面収差が小さい範囲では回折限界のスポットサイズは小さくなるのでPFは大きくなり、さらにNAが大きいく球面収差が大きくなると逆にPFは減少に転じる。これによれば中心部最適設計基板厚さ0.6mm、すなわち単なる開口制限でも、従来の無収差のCDの0.25（ $\mu$ m<sup>2</sup>）と同じレベルのPFとなる分割半径があることがわかる。

【0074】しかしながら実際にはディスクの偏心に追従して対物レンズが動いた場合、光は収差の大きい周辺部分も透過する。また制限開口が固定されていると後で示すようにけられも生じる。

【0075】図3に対物レンズが偏心に追従して0.3mm動いた場合の同様の計算結果を示す。ここでは対物レンズの有効光束径は3.96mmと仮定し、偏心による球面収差の微小移動から求められる最も低次のコマ収差を導入し、けられを考慮してPFを求める際に用いている開口数を補正している。これによれば図2に比較して、全体にPFが劣化し、従来の無収差のCDの0.25（ $\mu$ m<sup>2</sup>）と同じレベルのPFが得られる最適基板厚さは約0.8mm以上となることがわかる。

【0076】図4にこのとき一方SDすなわち0.6mmの基板をレンズ全域を使って再生するときの集光スポットの2乗平均平方根波面収差を示す。図2および図3から求められるPFが0.25以上の領域を重ねて示している。これより偏心のある場合に波面収差が最小となるのは分割半径比0.7、すなわち中心部NA0.42、中心部最適設計基板厚さ約0.8mmで波面収差として約0.02 $\lambda$ 程度にできることがわかる。この中心部分のNAは単に現行CDの光スポット径と無収差で同じとなる波長0.635 $\mu$ mでのNA0.366よりは大きい値となっている。

【0077】図5にこのときスカラー回折理論にもとづ

くシミュレーションにより求めた、偏心のない場合のジッタの計算結果を示す。ここでは再生信号の信号対雑音比は約25dBを仮定し、シフトが最悪となるピットパターンでのスライスレベルがこのノイズレベルに従って変動するという前提でジッタを計算している。図2と同様にして基板厚さが0.6mmでも、従来の無収差のCDの再生条件でのジッタの計算値と同じとなる分割半径があることがわかる。

【0078】図6に同様にして偏心がある場合のスカラー回折理論にもとづくシミュレーションにより求めたジッタの計算結果を示す。

【0079】これら図5、6において従来の無収差のCDの再生条件でのジッタの計算値と同じジッタが求められる領域が図4の中に示されている。この領域はほぼPFの従来CD無収差条件と同じとなっていることが確認でき、PFを用いた設計の妥当性が確認できる。

【0080】図7は、図5、6と同様にしてSDにおけるジッタの計算を行ったものである。SDにおいては波形等化が必須であるが、まだ等化条件が確定していないため、この計算の絶対値は実際とは異なる可能性がある相対的な計算結果である。ここに図5、6における従来CD無収差条件のジッタと同じ値が得られる領域を重ねて示している。これにより得られる最適な領域もほぼPFによる値とほぼ一致している。

【0081】図8はさらに以上の計算において、求められたCD再生におけるジッタとPFの対応を比較したものである。基板厚、すなわち収差や、NA、波長の異なるいろいろな場合にもほぼPFとジッタは一意的に対応していることがわかる。したがってレンズを設計するにあたって複雑なジッタのシミュレーションや、実験をしなくとも、ディスクのピット深さと、再生波長、収差や、分割半径、開口数などのレンズパラメタがわかればほぼ信号品質が予想できるのである。

【0082】図9にこのような設計値のときにCDとSDを再生する場合の波面収差を示す。ここでSDを再生する場合のRMS波面収差は上記のように約0.02 $\lambda$ 、CDを再生する場合にNA0.42の範囲でのRMS波面収差は0.07 $\lambda$ となっている。CD再生での波面収差が大きいPFがCDと同程度であり、ジッタについても従来CD無収差条件とほぼ同じとなるので問題は生じない。

【0083】図10はレンズの段差部分を滑らかに接続した場合の実施例である。レンズの性能があまり劣化しない範囲内で設計形状に近い連続曲線で段差部分を近似し、モールド成形における型の加工性を向上させることができる。

【0084】図11はレンズの段差部分を薄膜4により成形した場合の実施例である。これにより原レンズ5の成形性を向上させることができる。

【0085】図12はCDを再生する場合に、周辺部分



の光を絞り6によって遮光する場合の実施例である。SDを再生する場合にはこれを取り除く必要があるため、絞りは機械的に光路から引き抜くか、または通常の写真用カメラなどに用いられている口径を機械的に可変とする機構を用いればよい。あるいは液晶やその他の電気光学的光スイッチ等を用いれば機械的な機構を用いず、電気的に遮光することができる。また同様にして遮光でなく減光をすることも可能である。

【0086】図13は対物レンズ移動に伴い、位置が固定された絞り6を通して入射する光が対物レンズ1でディスク3に集光され、反射して再び絞り6を通るとその分布の中心がレンズ移動量の2倍ずれ、絞り6によってケラレが生じる様子を示している。これによりトラッキングのためのプッシュプル信号を検出するための2分割光検出器7の2つの出力には大きなアンバランスが生じ、トラッキング信号にオフセットが生じる原因となる。またレンズがずれるとディスクに入射する集光光束が傾くため球面収差の分布も大きく偏り相対的に収差量が增大してしまう。

【0087】図14はガルバノミラー8を対物レンズの焦点に配置すると戻り光の光束のずれがなくなる様子を示している。ガルバノミラー8が焦点上にあれば主光線9はガルバノミラー8が傾いても平行移動するだけでディスク3への入射角度は変わらず、ディスクに傾きがなければ垂直に入射し、往路をそのまま反射して戻ることになるのである。したがって光束のずれは生じない。したがって本発明における対物レンズを絞りとともに用いて光ヘッドを構成する場合に非常に有効である。

【0088】図15は制限開口を用いず、ディスクによる回折がない場合に、波長0.635 $\mu$ m、対物レンズNA0.6、有効光束径3.6mm、分割半径比0.7、中心部分最適基板厚0.8mm、対物レンズと検出器に集光するためのレンズまでの間隔60mm、集光レンズ口径5mm、集光レンズ焦点距離25mm、集光レンズ検出器間隔24.2mmのときの、対物レンズ射出瞳の規格化半径に対する、その位置を通る光線の光線検出器上半径位置の計算結果を示したものである。これによればたとえば検出器を0.14mm $\phi$ くらいとすれば、少なくとも0次光についてはCD再生時に周辺部分の光を取り除き、SD再生時には全光量を検出することができる。また回折光についても、周辺部分の光が中心部分に対してかなり広がっていることがわかるので、強度が低下し、影響がかなり低減するものと考えられる。したがって、實際上このような光学系や検出器の設計により、制限開口を用いなくともCD再生時にのみ不要な周辺部分の光を取り除くことができる。

【0089】図16は本発明による光ヘッドの実施例である。半導体レーザ10からの光をコリメートレンズ11により平行光としてビーム成形プリズム121、122により楕円ビームを円形ビームとする。ビーム成形プ

リズムは光学系の効率が十分高いか、ディスクのトラックピッチがディスク上の光スポットの主ローブと第1暗線の間隔より広い場合に、取り除いた方が部品点数、隣接トラッククロストーク低減のために有利となる場合もある。さらにこの光はビームスプリッタ131を透過し、制限開口である絞り6を透過する。絞り6はCD再生時に球面収差の大きい周辺部分の光をカットするために用いるものであり、SD再生時には絞り挿入手段14により光路から取り除く。さらに立ち上げミラー15により反射された光は2次元アクチュエータ16に搭載された対物レンズ1により光ディスク上に集光される。ここでは光ディスクはCD3である例を示している。2次元アクチュエータ16はトラッキング誤差信号により、ディスク半径方向に可動し、光スポットをトラック上に位置決めし、焦点誤差信号により光軸方向に可動し、焦点位置をディスク上に位置決めする。反射光は再び、対物レンズ1、立ち上げミラー15、絞り6を透過して、ビームスプリッタ131を反射し、検出光学系に導かれる。ビームスプリッタ132を透過した光は集光レンズ171により集光光束とされ、ビームスプリッタ133に入射する。ここでは透過光はシリンダカルレンズ18を透過し、4分割光検出器19に入射する。この分割検出器の対角成分の和信号どうしの差動信号を差動増幅器221により出力し、焦点ずれ信号とする。一方ビームスプリッタ133で反射した光は2分割光検出器20に入射し、それぞれの出力の差動信号を差動増幅器222により出力することにより、トラッキング誤差信号を得る。またビームスプリッタ132を反射した光は集光レンズ172により光検出器21に集光され、再生信号を得る。

【0090】図17はこの絞りのまわりの光学系のみをぬき出したものであり、CDを再生する場合の構成を示している。

【0091】図18はこれに対してSDを再生する場合における同じ光学系の構成を示している。絞り6を絞り挿入手段14により抜き差ししている。

【0092】図19は制限開口、すなわち絞りを対物レンズアクチュエータに搭載する実施例を示している。ここでは絞りとして液晶素子24を用いている。基板厚0.6mmのSDを再生する場合には液晶に電圧印加をせず、入射する光は全面にわたって液晶素子24を透過する。基板厚1.2mmのCDを再生する場合には液晶に電圧印加し、周辺部の光を遮光して、絞りとして作用する。このようにすれば制限開口は、ディスクの偏心に追従してレンズが動いてもけられを生じない。

【0093】図20はレンズの中心部分と周辺部分の最適基板厚の違いを、中心に穴のあいた平行平板で生じさせた場合の実施例である。基板厚0.8mmに対して最適化された対物レンズ25のディスク側の集光光束に中心部分に穴のあいた基板厚0.2mmの平行平板を挿入

している。これにより中心部分は基板厚0.8mm、周辺部分は基板厚0.6mmに最適化されることになる。ここで、基板厚0.6mmのSDを再生する場合の中心部分のみに発生する球面収差の形を数8に示したゼルニケの球面収差の形とするために、中心部分にはデフォーカスと位相ずれをあたえなければならない。ここではそれを行うために位相シフト膜28のついた位相シフト27を一体化している。

【0094】以下、これまでに述べた設計仕様に従い、レンズの材料の選択の自由度を考慮して3種類のレンズ材料屈折率において実際にレンズ形状の設計を行ったの\*

$$z = \frac{p^2}{R + \sqrt{R^2 - (K+1)p^2}} + \alpha_1 p^4 + \alpha_2 p^6 + \alpha_3 p^8 + \alpha_4 p^{10} + \dots$$

【0098】…(数12)

のように表される。レンズの境界部での段差は0.14μmであり、きわめて小さい。これは段差が10式に示したように、ザイデルの球面収差の収差係数の1/6の位相差を生じることを必要としていることから決まっている。この場合、球面収差係数はNA0.42で0.93λであり、これに相当する段差は0.17μmである。実際のレンズ設計においては軸外性能も考慮して行うため、多少のずれは生じているが、オーダーはほぼ一致していることがわかる。

【0099】これを用いてSD及びCDを再生する場合の構成を図22、23に示す。またそれぞれにおける収差図を図24、25に示す。ここでの球面収差はすでに述べた波面収差ではなく、光線が光軸と交わる位置のずれを示す光線収差で表している。また正弦条件はその違反量を瞳半径について示しており、通常的光ディスク用対物レンズでは設計上±0.015mmの範囲内であるが、ここでは球面収差のため、それよりはやや大きくなっている。しかしながら後に示す波面収差からわかるように、これはほぼ許容範囲内であると考えられる。非点収差、および歪曲収差はレンズに入射する平行光を傾けた場合の像高に対して示している。非点収差はきわめて小さく、実用上十分な性能を有している。また歪曲収差は、従来の光ディスクのように像が1点しか存在しない光学系においてはもともとまったく問題にならない。将来、マルチスポットの光ヘッドが必要となるときには、考慮する必要が生じることがあり得るが、その場合にもほぼ十分な性能であると考えられる。

【0100】図26にさらにレンズに対して斜めに光を入射させた場合の像高に対する2乗平均平方根波面収差を示す。ここで軸上波面収差は図21にも示したとおり、SDで0.025λ、CDで0.081λであり、SDについては先に述べた0.04λ以下の条件を満たしている。CDについては0.081λでストレーラ強度が1-(2π×0.081)²=0.741であるから、パフォー

マンスファクタを計算すると、0.741×{0.42/0.635(μm)×sin(0.26π/0.635)}²=0.299であり、0.24以上となって許容値を満たしている。CDの軸上波面収差はこの場合、0.07λ程度であることが解析的には予想されるが、レンズ設計においては軸外性能も考慮されているため、多少、この値よりも大きくなっている。

【0095】図21から26はレンズ屈折率1.49の場合の設計例にかかる図である。

【0096】図21は本発明によるレンズ設計条件及び設計形状の一例である。ここで、レンズ形状はレンズの光軸方向の座標をz、Rを中心曲率半径、Kを円錐定数、α₁、α₂、α₃、…をそれぞれ4、6、8、…次の非球面定数として

【0097】

【数15】

42/0.635(μm)×sin(0.26π/0.635)}²=0.299であり、0.24以上となって許容値を満たしている。CDの軸上波面収差はこの場合、0.07λ程度であることが解析的には予想されるが、レンズ設計においては軸外性能も考慮されているため、多少、この値よりも大きくなっている。

【0101】図27から32はレンズ屈折率1.59の場合の設計例にかかる図であり、上と同様の性能で設計できていることがわかる。

【0102】図27は、図21と同様にして本発明によるレンズ設計条件及び設計形状の一例である。

【0103】図28、29は図22、23と同様にして、これを用いてSD及びCDを再生する場合の構成を示す図である。

【0104】図30、31は図24、25と同様にして、それぞれにおける収差図である。

【0105】図32はレンズに対して斜めに光を入射させた場合の像高に対する2乗平均平方根波面収差である。ここで軸上波面収差は図21にも示したとおり、SDで0.025λ、CDで0.082λであり、SDについては先に述べた0.04λ以下の条件を満たしている。CDについては0.082λでストレーラ強度が1-(2π×0.082)²=0.735であるから、パフォーマンスファクタを計算すると、0.735×{0.42/0.635(μm)×sin(0.26π/0.635)}²=0.296であり、0.24以上となって許容値を満たしている。

【0106】図33から38はレンズ屈折率1.73の場合の設計例にかかる図であり、やはり上と同様の性能で設計できていることがわかる。

【0107】図33は、図21と同様にして本発明によるレンズ設計条件及び設計形状の一例である。

【0108】図34、35は図22、23と同様にして、これを用いてSD及びCDを再生する場合の構成を示す図である。

【0109】図36、37は図24、25と同様にし

て、それぞれにおける収差図である。

【0110】また図38はレンズに対して斜めに光を入射させた場合の像高に対する2乗平均平方根波面収差である。ここで軸上波面収差は図21にも示したとおり、SDで0.025λ、CDで0.080λであり、SDについては先に述べた0.04λ以下の条件を満たしている。CDについては0.080λでストレーラ強度が $1 - (2\pi \times 0.082)^2 = 0.747$ であるから、パフォーマンスファクタを計算すると、 $0.747 \times \{0.42 / 0.635 (\mu\text{m}) \times \sin(0.26\pi / 0.635)\}^2 = 0.301$ であり、0.24以上となって許容値を満たしている。

#### 【0111】

【発明の効果】光量の損失なく、安価に、精度よく基板厚さ1.2mmのCDと基板厚さ0.6mmのSDの信号を再生することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本概念を示す概念図。

【図2】偏心のない場合の分割半径に対するCD再生でのパフォーマンスファクタを示すグラフ図。

【図3】偏心のある場合の分割半径に対するCD再生でのパフォーマンスファクタを示すグラフ図。

【図4】分割半径に対するSD再生でのRMS波面収差を示すグラフ図。

【図5】偏心のない場合の分割半径に対するCD再生でのジッタシミュレーションを示すグラフ図。

【図6】偏心のある場合の分割半径に対するCD再生でのジッタシミュレーションを示すグラフ図。

【図7】分割半径に対するSD再生でのジッタシミュレーションを示すグラフ図。

【図8】CD再生におけるパフォーマンスファクタとジッタの対応を示すグラフ図。

【図9】波面収差と規格化半径の関係を示すグラフ図。

【図10】段差部分をなめらかに接続した場合のレンズの実施例側面図。

【図11】段差部分を薄膜により成形した場合のレンズの実施例側面図。

【図12】CD再生時に絞りをを用いた場合の実施例概念図。

【図13】レンズ移動による光束ずれを説明する概念図。

【図14】ガルバノミラーを用いた実施例概念図。

【図15】検出光学系による検出器上光線位置を示すグラフ図。

【図16】本発明による光ヘッドの実施例斜視図。

【図17】制限開口を用いたCD再生時の実施例斜視図。

【図18】制限開口を取り除いたSD再生時の実施例斜視図。

【図19】アクチュエータに液晶フィルタによる制限開

口を搭載した実施例側面図。

【図20】中心に穴のある平行平板による実施例側面図。

【図21】レンズ屈折率1.49におけるレンズ設計仕様と設計形状の表図。

【図22】レンズ屈折率1.49におけるレンズ設計例のSD再生時の光学系構成図。

【図23】レンズ屈折率1.49におけるレンズ設計例のCD再生時の光学系構成図。

【図24】レンズ屈折率1.49におけるレンズ設計例のSD再生時の収差のグラフ図。

【図25】レンズ屈折率1.49におけるレンズ設計例のCD再生時の収差のグラフ図。

【図26】レンズ屈折率1.49におけるレンズ設計例のRMS波面収差のグラフ図。

【図27】レンズ屈折率1.59におけるレンズ設計仕様と設計形状の表図。

【図28】レンズ屈折率1.59におけるレンズ設計例のSD再生時の光学系構成図。

【図29】レンズ屈折率1.59におけるレンズ設計例のCD再生時の光学系構成図。

【図30】レンズ屈折率1.59におけるレンズ設計例のSD再生時の収差のグラフ図。

【図31】レンズ屈折率1.59におけるレンズ設計例のCD再生時の収差のグラフ図。

【図32】レンズ屈折率1.59におけるレンズ設計例のRMS波面収差のグラフ図。

【図33】レンズ屈折率1.73におけるレンズ設計仕様と設計形状の表図。

【図34】レンズ屈折率1.73におけるレンズ設計例のSD再生時の光学系構成図。

【図35】レンズ屈折率1.73におけるレンズ設計例のCD再生時の光学系構成図。

【図36】レンズ屈折率1.73におけるレンズ設計例のSD再生時の収差のグラフ図。

【図37】レンズ屈折率1.73におけるレンズ設計例のCD再生時の収差のグラフ図。

【図38】レンズ屈折率1.73におけるレンズ設計例のRMS波面収差のグラフ図。

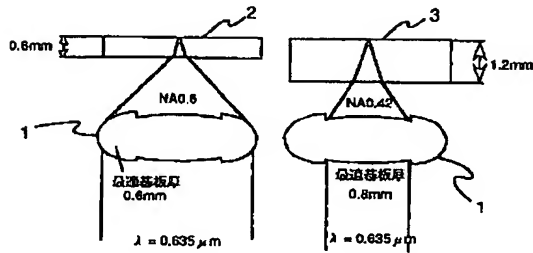
#### 【符号の説明】

1・・・対物レンズ、2・・・SD、3・・・CD、4・・・薄膜、5・・・原レンズ、6・・・絞り、7・・・2分割光検出器、8・・・ガルバノミラー、9・・・主光線、10・・・半導体レーザ、11・・・コリメートレンズ、121、122・・・ビーム成形プリズム、131、132、133・・・ビームスプリッタ、14・・・絞り挿入手段、15・・・立ち上げミラー、16・・・2次元アクチュエータ、171、172・・・集光レンズ、18・・・シリンダカルレンズ、19・・・4分割光検出器、20・・・2分割光検出器、21・・・光検出器、221、222・・・差動増幅

器、23…増幅器、24…液晶絞り、25…基板厚0.8mmに最適化された対物レンズ、26…平行平板(厚さ0.2mm)、27…位相シフタ、28…\*

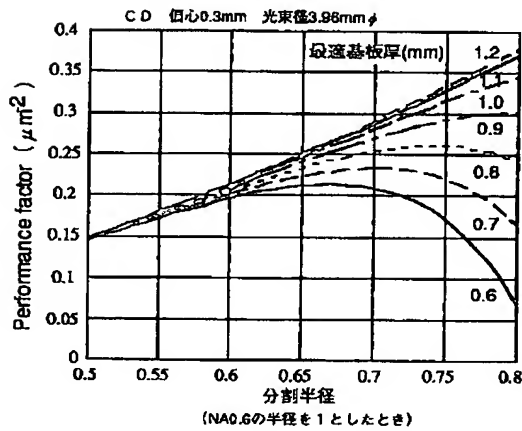
【図1】

図1



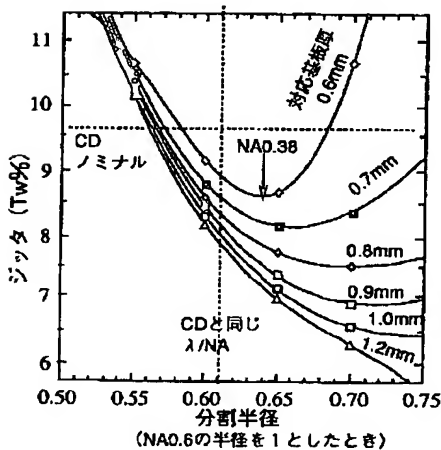
【図3】

図3



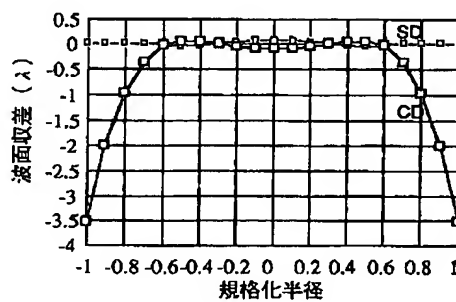
【図5】

図5



【図9】

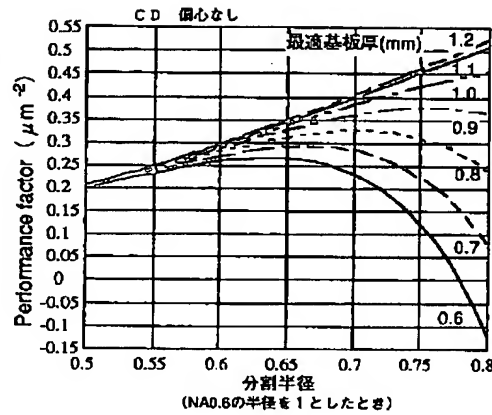
図9



\*…位相シフト膜、29…光ディスク基板、30…レンズホルダ。

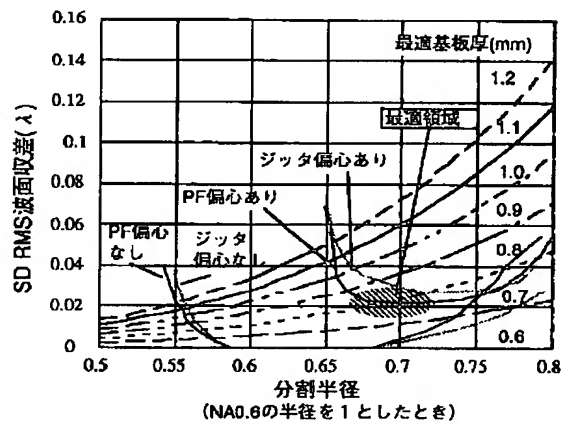
【図2】

図2



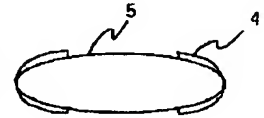
【図4】

図4



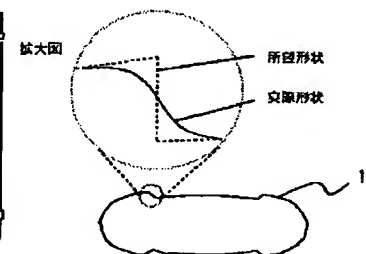
【図11】

図11

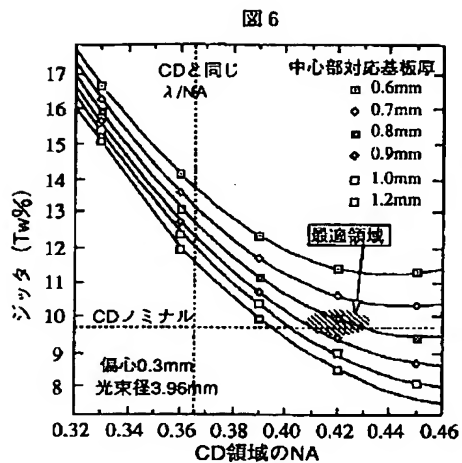


【図10】

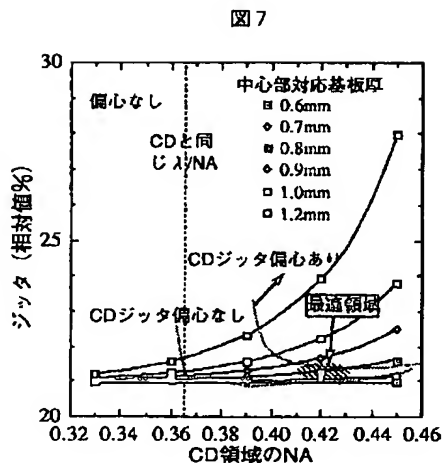
図10



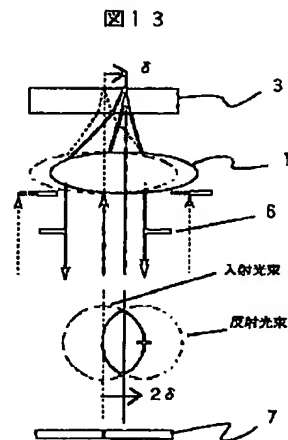
【図6】



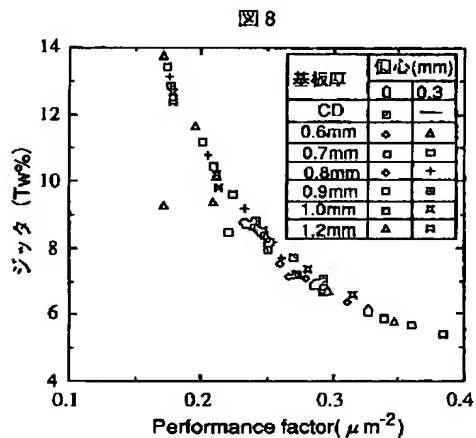
【図7】



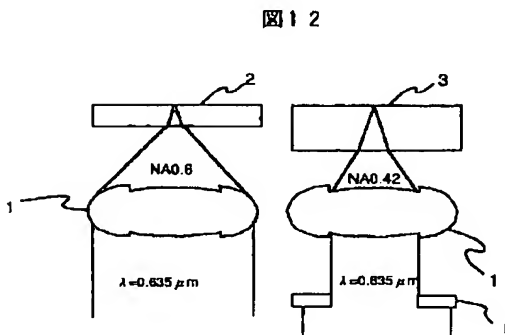
【図13】



【図8】

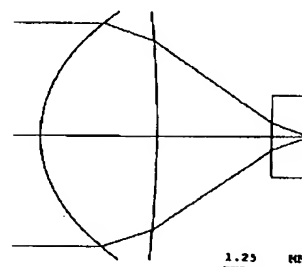


【図12】

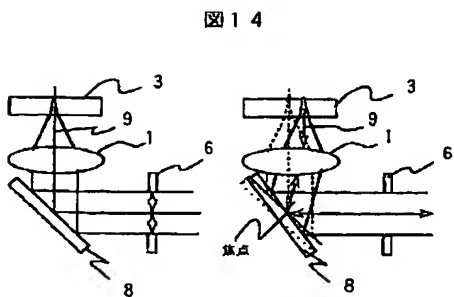


【図28】

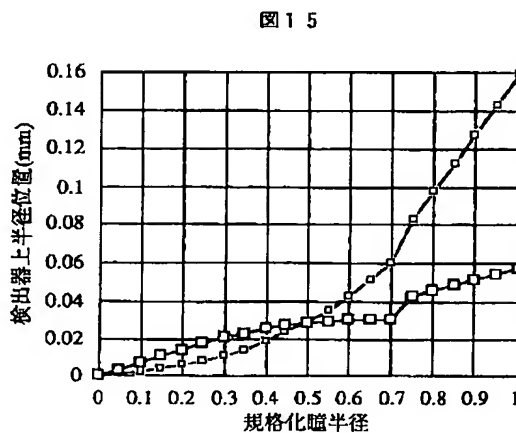
図28



【図14】



【図15】

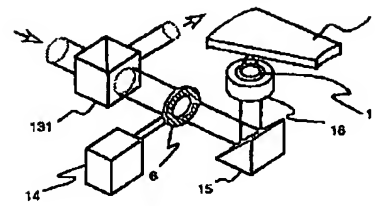
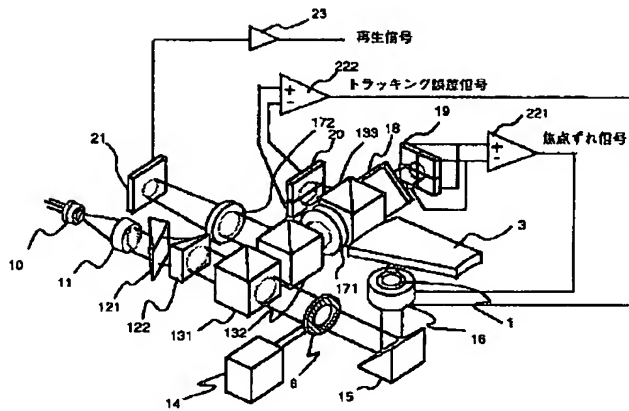


【図 16】

【図 17】

図 16

図 17



【図 22】

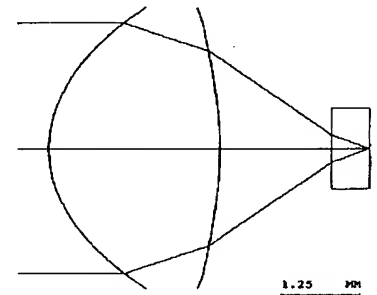
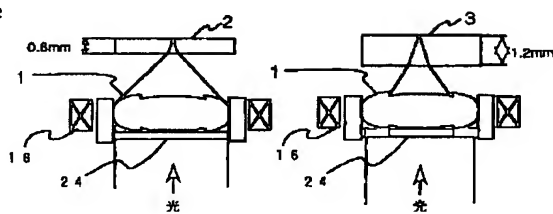
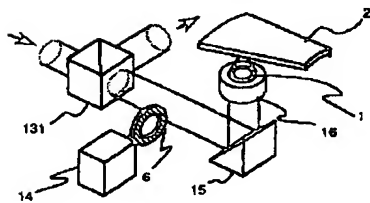
図 22

【図 18】

【図 19】

図 18

図 19

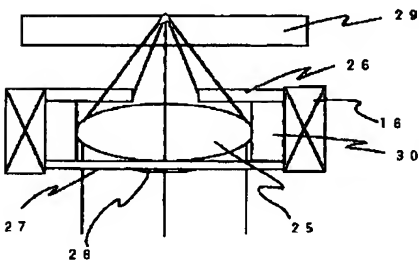


【図 20】

【図 21】

図 20

図 21



実施例 1

	SD	CD
波長(nm)	635	
焦点距離(mm)	3.7026	3.7034
レンズ屈折率	1.49	
CG屈折率	1.58 (PC)	
レンズ厚(mm)	2.8	
CG厚(mm)	0.6	1.2
WD(mm)	1.79	1.42
NA	0.6	0.42
軸上波面収差(λ rms)	0.025	0.081
像高0.05波面収差	0.042	0.087

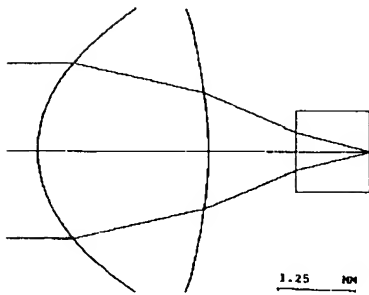
非球面データ

	R	K	4次	6次	8次	10次	
R1面	φ 8.1以下	2.23393	-0.456605	-1.08141E-2	-1.57057E-3	-3.40420E-4	-4.84963E-5
	φ 8.1以上	2.23323	-0.472194	-9.18104E-3	-1.34218E-3	-4.31802E-4	-3.14668E-5
R2面		-5.68351	-10.869781	0.974634E-2	-3.86423E-2	0.787068E-3	-6.44010E-4

R1面φ 8.1サグ変位量 中心部側が0.14μm以内

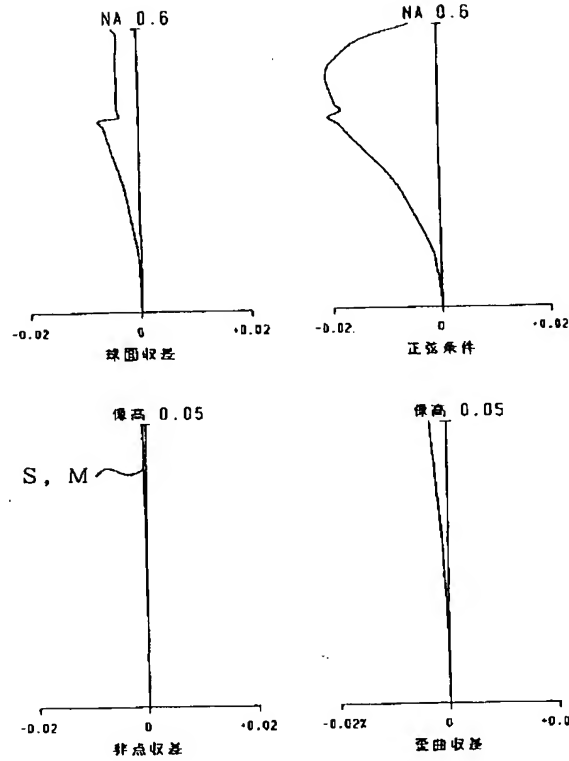
【図23】

図23



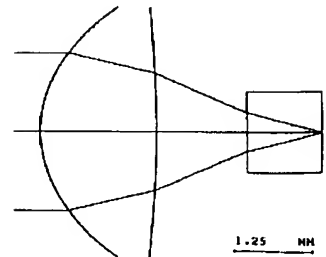
【図24】

図24



【図29】

図29



【図27】

図27

表2例2

	SD	CD
板長(mm)	635	
焦点距離(mm)	3.3018	3.3034
レンズ屈折率	1.59	
CG屈折率	1.58 (PC)	
レンズ厚(mm)	1.9	
CG厚(mm)	0.6	1.2
WD(mm)	1.84	1.48
NA	0.6	0.42
軸上波面収差( $\lambda$ rms)	0.025	0.082
像高0.05波面収差	0.047	0.091

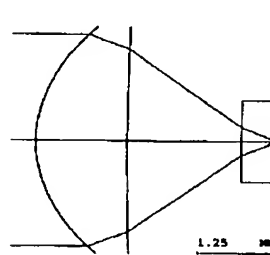
非球面データ

	R	K	4次	6次	8次	10次	
R1面	φ 2.8以下	2.16021	-0.410128	-7.57325E-8	-2.26793E-9	-8.24612E-4	-4.10720E-5
	φ 2.8以上	2.14903	-0.431091	-6.94946E-8	-2.08411E-9	-9.35233E-4	-1.72303E-5
R2面		-13.89933	3.614423	0.833883E-2	-3.49268E-2	0.761831E-3	-6.44656E-4

R1面 $\phi 2.8$ サグ量位置 中心部が0.13 $\mu$ m深い

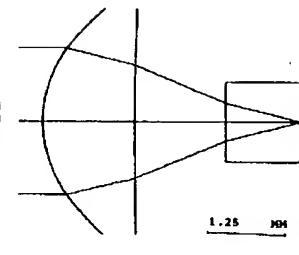
【図34】

図34



【図35】

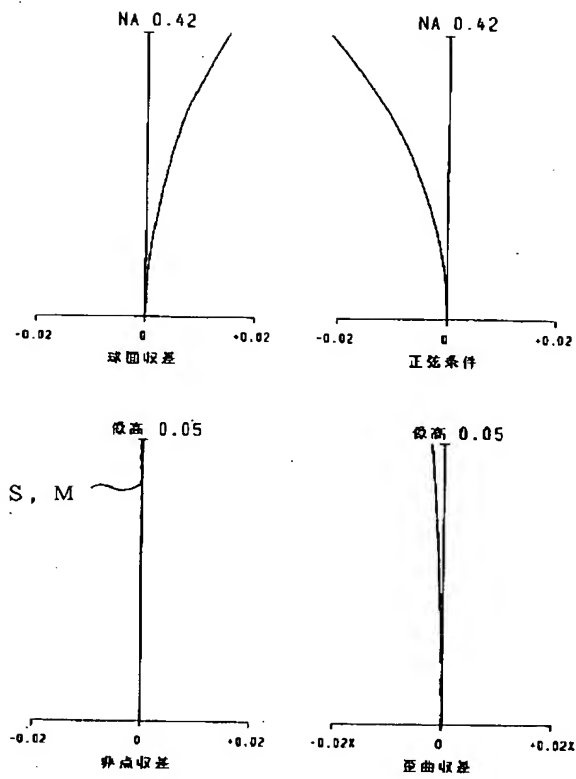
図35





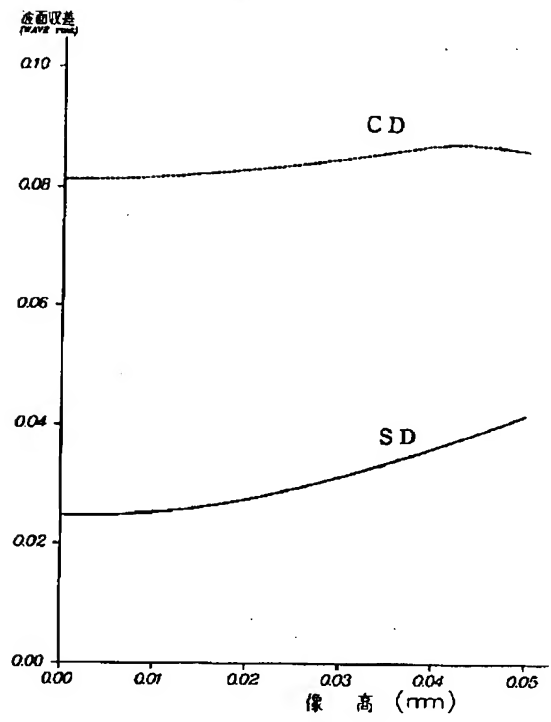
【図 2 5】

図 2 5



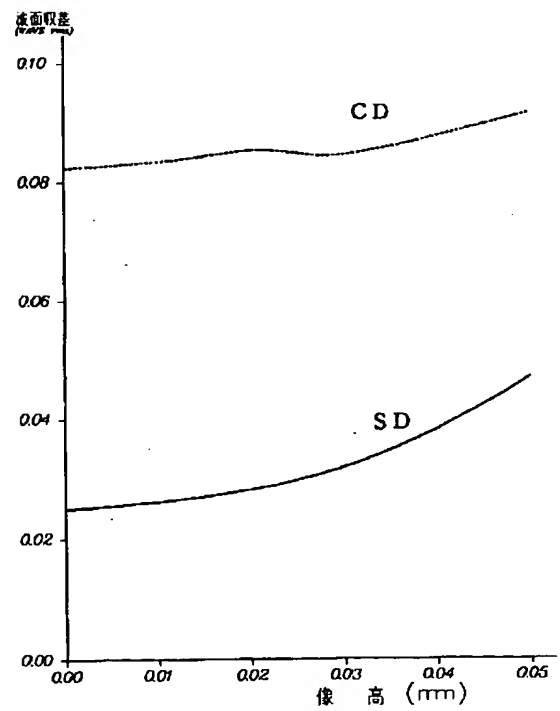
【図 2 6】

図 2 6



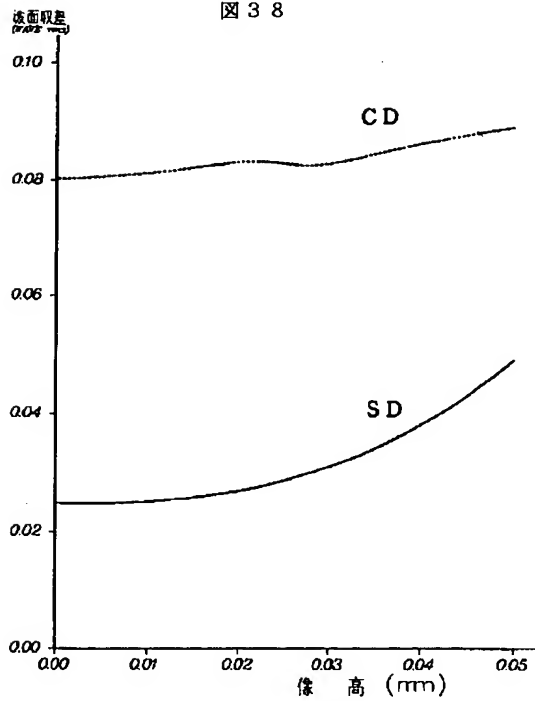
【図 3 2】

図 3 2



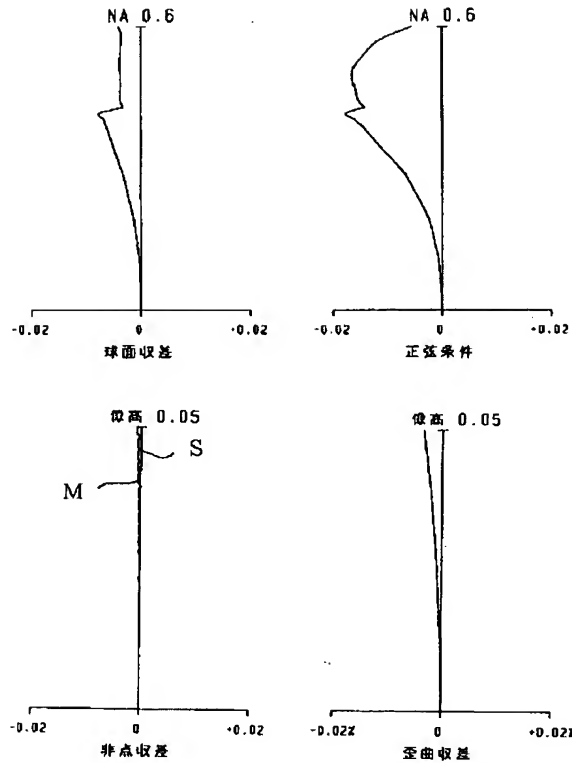
【図 3 8】

図 3 8



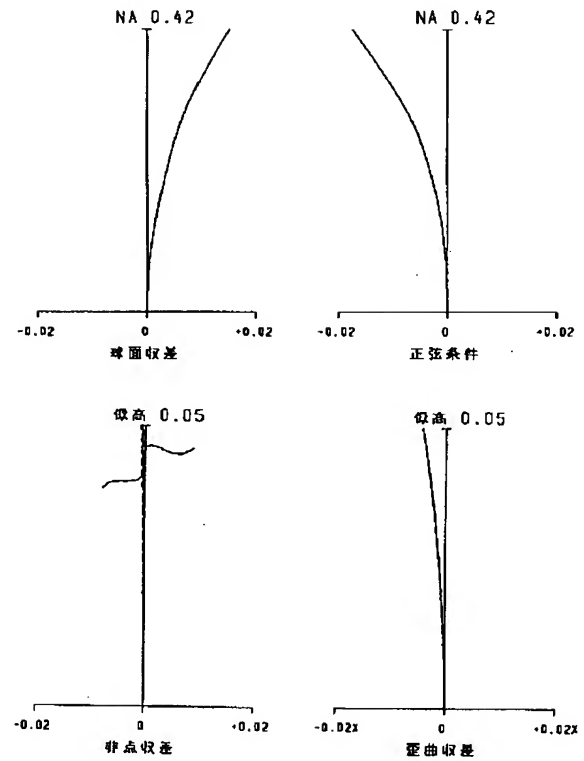
【図30】

図30



【図31】

図31



【図33】

図33

実施例3

	SD	CD
板長(mm)	8.35	
焦点距離(mm)	3.1004	3.1034
レンズ屈折率	1.73	
CG屈折率	1.58 (PC)	
レンズ厚(mm)	1.5	
CG厚(mm)	0.6	1.2
WD(mm)	1.83	1.47
NA	0.6	0.42
軸上被面収差(λ rms)	0.025	0.080
像高0.05被面収差	0.049	0.089

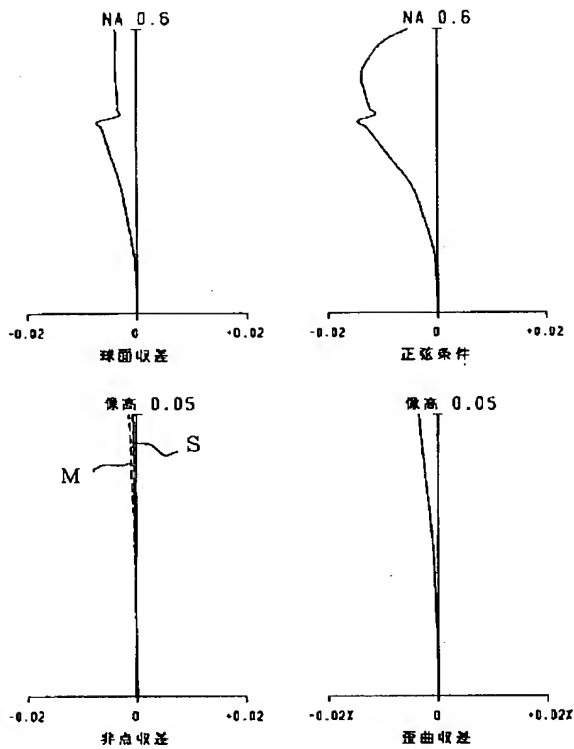
非球面データ

	R	K	4次	6次	8次	10次
R1面 φ2.6以下	2.21691	-0.435710	0.433828E-3	-1.96092E-3	-1.03071E-3	0.670496E-6
φ2.6以上	2.21481	-0.437437	0.309313E-3	-2.08481E-3	-1.04626E-3	0.666000E-6
R2面	78.87721	0.0	0.490769E-2	-3.02715E-2	0.767843E-3	-7.30947E-4

R1面φ2.6サグ量位置 中心部傾が0.07μm際い

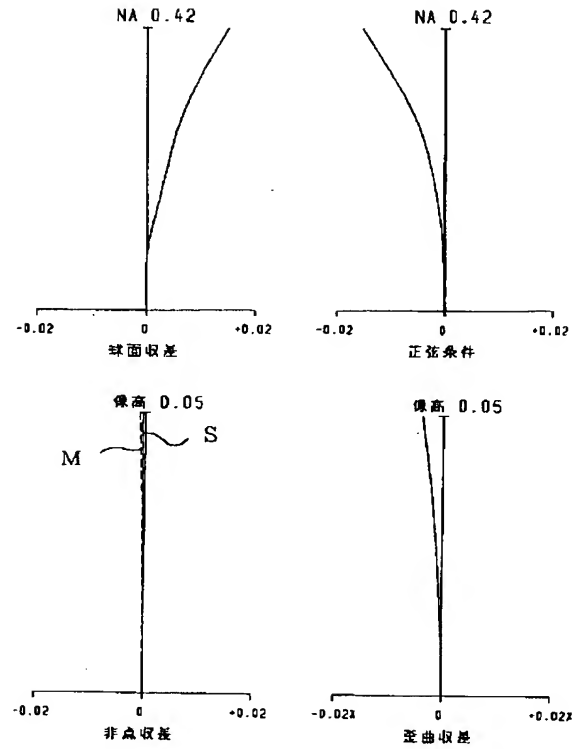
【図36】

図36



【図37】

図37



フロントページの続き

(72)発明者 有本 昭  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 峯邑 浩行  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 藤田 久雄  
東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホー  
ーヤ株式会社内  
(72)発明者 小柳 秀昭  
長野県下伊那郡高森町下市田3111-1 ホ  
ーヤプレジジョン株式会社内